

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 42 17 444 A 1

51 Int. Cl.⁵:
G 06 F 12/08

21 Aktenzeichen: P 42 17 444.9
22 Anmeldetag: 26. 5. 92
43 Offenlegungstag: 3. 12. 92

30 Unionspriorität: 27.05.91 JP 3-120761

71 Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Hitachi Computer
Engineering Co. Ltd., Hadano, Kanagawa, JP

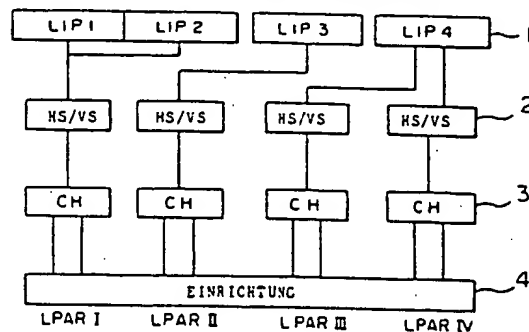
74 Vertreter:
Beetz, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Timpe, W., Dr.-Ing.;
Siegfried, J., Dipl.-Ing.; Schmitt-Fumian, W., Prof.
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Mayr, C.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

72 Erfinder:
Imada, Toyohisa; Takeshima, Yasusuke, Hadano, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Einrichtung zur dynamischen Verlagerung von virtuellen Maschinen in einem Hauptspeicher

57 In einem System von virtuellen Maschinen (LPARs) wird die Verlagerung einer virtuellen Maschine (LPAR) im Hauptspeicher verwirklicht, ohne daß der Benutzer der virtuellen Maschine (LPAR) Auswirkungen dieser Verlagerung erfährt, wodurch die Effizienz und die Brauchbarkeit der das System von virtuellen Maschinen enthaltenden Informationsverarbeitungseinrichtung verbessert wird. In dem System von virtuellen Maschinen, das eine Betriebsart besitzt, in dem logisch unterteilte Bereiche (LPARs) konfiguriert werden, werden die Hardwarebetriebsmittel entweder exklusiv oder zeitlich verzahnt logisch unterteilt. Die den jeweiligen logisch unterteilten Bereichen (LPARs) zugewiesenen Hauptspeicherbereiche (2) werden einer von einem Dienstprozessor (5) ausgeführten Verlagerung gemäß einem Verlagerungsbefehl (MVSTOR) unterworfen. Diese Verlagerung umfaßt das temporäre Anhalten einer virtuellen Maschine (LPAR), die eigentliche Verlagerung der virtuellen Maschine (LPAR) im Hauptspeicherbereich (2) gemäß einer vom Verlagerungsbefehl (MVSTOR) bezeichneten Adresse und die Wiederherstellung der virtuellen Maschine (LPAR) auf der Grundlage des verlagerten Hauptspeicherbereichs. Hierbei wird der Hauptspeicherbereich-Anfangspunkt (HSA) eines jeden verlagerten Hauptspeicherbereichs (2) geändert.



DE 42 17 444 A 1

DE 42 17 444 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die vorliegende Erfindung betrifft ein System von virtuellen Maschinen, in dem diese virtuellen Maschinen logisch unterteilten Bereichen (LPARs) zugeordnet sind, und insbesondere ein Verfahren und eine Einrichtung zur Verlagerung von derartigen virtuellen Maschinen in einem Hauptspeicher.

Im Stand der Technik sind ein Verfahren und eine Einrichtung bekannt, mit denen einer virtuellen Maschine eines Systems von virtuellen Maschinen ein Hauptspeicherbereich neu zugewiesen werden kann, wobei der der virtuellen Maschine zugewiesene Hauptspeicherbereich erweitert oder verkleinert wird. Bei dieser herkömmlichen Technologie wird jedoch der Anfangspunkt des der virtuellen Maschine zugewiesenen Hauptspeicherbereichs, d. h. eine Startadresse des zugewiesenen Bereichs, nicht geändert. Wenn daher in einem Fall, in dem ein Zwischenbereich des Hauptspeichers physikalisch einer ersten virtuellen Maschine zugewiesen wird und diese erste virtuelle Maschine ein Basis-Softwareprogramm wie etwa ein Betriebssystem (OS) verwendet, eine Anforderung zum Zuweisen eines Teils des Hauptspeichers an eine zweite virtuelle Maschine erzeugt wird, ist es in einigen Fällen nicht möglich, einen für die zweite virtuelle Maschine erforderlichen nachfolgenden Teil des Hauptspeichers zuzuweisen. In diesem Fall ist es im Stand der Technik notwendig, die erste virtuelle Maschine einmal anzuhalten, um den Anfangspunkt des ihr zugewiesenen Hauptspeicherbereichs festzulegen, woraufhin ein anfänglicher Programmladevorgang IPL ("Initial Program Loader") ausgeführt wird.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Einrichtung zur dynamischen Verlagerung einer virtuellen Maschine in einem Hauptspeicher zu schaffen, mit denen in dem oben beschriebenen Fall, in dem der zweiten virtuellen Maschine kein geeigneter Hauptspeicherbereich zugewiesen werden kann, die erste virtuelle Maschine in ihrem Zustand gelassen wird, derart, daß der der ersten virtuellen Maschine zugewiesene Hauptspeicheranfangspunkt an eine spezifizierte Adresse bewegt wird, um einen daraus sich ergebenden freien Bereich der zweiten virtuellen Maschine zuzuweisen, damit die zweite virtuelle Maschine in den Betriebszustand versetzt werden kann, so daß die Effizienz und die Brauchbarkeit des Informationsprozessors verbessert wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der gattungsgemäßen Art erfindungsgemäß gelöst durch die folgenden Schritte: Anhalten einer virtuellen Maschine eines mehrere virtuelle Maschinen umfassenden Systems, Verlagern der virtuellen Maschine in einem Hauptspeicherbereich gemäß einer durch einen Verlagerungsbefehl bezeichneten Adresse und Wiederherstellen der virtuellen Maschine auf der Grundlage der bezeichneten Adresse.

Die Aufgabe wird bei einer Einrichtung der gattungsgemäßen Art erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 8.

Wenn die Mehrzahl der virtuellen Maschinen den gesamten physikalischen Hauptspeicher nutzen und wenn entweder bestimmte Teile des Hauptspeichers, die wenigstens zwei virtuellen Maschinen zugeordnet sind, dynamisch ausgetauscht werden sollen oder wenn statt dessen ein Teil des Hauptspeichers, der einer der mehreren virtuellen Maschinen zugeordnet ist, erweitert werden soll, während die mehreren virtuellen Maschinen in Betrieb sind, können erfindungsgemäß Teile des

Hauptspeichers, die anderen virtuellen Maschinen zugewiesen sind, beliebig verlagert werden. Daher kann ohne Umspeichern der in Betrieb befindlichen mehreren virtuellen Maschinen der Anfangspunkt des einer in Betrieb befindlichen, spezifizierten virtuellen Maschine zugewiesenen Hauptspeicherbereichs, d. h. die Startadresse des zugewiesenen Bereichs, beliebig geändert werden, wobei der Betrieb der virtuellen Maschine im wesentlichen nicht unterbrochen wird. Dies hat zur Folge, daß die Verlagerung des Hauptspeicherbereichs der spezifizierten virtuellen Maschine nahezu ohne wesentliche Auswirkung auf den Benutzer der virtuellen Maschine ausgeführt werden kann, wodurch die Effizienz und die Brauchbarkeit des Informationsverarbeitungssystems verbessert wird.

Weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung sind in den Unteransprüchen, die sich auf eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beziehen, angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer bevorzugten Ausführungsform mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert; es zeigt

Fig. 1A ein schematisches Blockschaltbild zur Erläuterung des Hardwarebetriebsmittel-Konfiguration eines Systems von virtuellen Maschinen in einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 1B ein Blockschaltbild zur Erläuterung der Architektur des Systems von virtuellen Maschinen;

Fig. 2 eine Darstellung zur Erläuterung der Prozedur des Verlagerens eines Hauptspeicherbereichs, der einer virtuellen Maschine im erfindungsgemäßen System von virtuellen Maschinen zugewiesen ist;

Fig. 3A, B Darstellungen zur Erläuterung des Zuweisungszustandes der virtuellen Maschine im Hauptspeicher vor der Verschiebung des zugewiesenen Hauptspeicherbereichs; und

Fig. 4A, B Darstellungen zur Erläuterung des Zuweisungszustandes der virtuellen Maschine im Hauptspeicher nach der Verschiebung des zugewiesenen Hauptspeicherbereichs.

Zunächst wird mit Bezug auf die Zeichnungen ein System von virtuellen Maschinen gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung genauer beschrieben. In diesem System von virtuellen Maschinen kann während des Betriebs eine virtuelle Maschine einem neuen Bereich eines Hauptspeichers zugeordnet werden.

Zunächst wird mit Bezug auf die Fig. 1A der Hardwareaufbau des erfindungsgemäßen Systems von virtuellen Maschinen beschrieben. Das System von virtuellen Maschinen besitzt eine neue Unterteilungskonfiguration des Hauptspeichers, wobei die einzelnen Abschnitte dieser Konfiguration als logisch unterteilte Bereiche (LPARs) bezeichnet werden. Die Hardwarebetriebsmittel dieser logisch unterteilten Bereiche umfassen Logikbefehl-Prozessoren (LIP1 bis LIP4) 1, Hauptspeicherabschnitte bzw. virtuelle Speicherabschnitte (HS/Vs) 2, Kanalpfade (CH) 3 und eine Einrichtung 4. Die Einrichtung 4 wird anteilig von vier virtuellen Maschinen benutzt. Wie aus der Figur ersichtlich, entsprechen die Logikbefehl-Prozessoren LIP1 und LIP2 einer virtuellen Maschine LPAR I. Der Logikbefehl-Prozessor LIP3 entspricht einer virtuellen Maschine LPAR II. Der Logikbefehl-Prozessor LIP4 entspricht den virtuellen Maschinen LPAR III und LPAR IV.

In Fig. 1B ist die Architektur eines mehrere virtuelle Maschinen enthaltenden Systems gezeigt. Jede virtuelle Maschine enthält einen Logikbefehl-Prozessor (LIP) 1.

Ein Dienstprozessor (SVP) 5 erzeugt aufgrund eines Verlagerungsbefehls einen Verschiebungsbefehl. Ein Betriebsmittel-Verwaltungsabschnitt 8 verwaltet und steuert den jeder der Mehrzahl der virtuellen Maschinen zugewiesenen Betriebsmittelzustand. Aufgrund einer in ihn eingegebenen Prüfanforderung führt der Abschnitt 8 eine Prüfung aus, um festzustellen, ob eine durch die Anforderung bezeichnete virtuelle Maschine in einem Hauptspeicherbereich verlagert werden kann. Wenn die bezeichnete virtuelle Maschine von einem LPAR-Steuerabschnitt 6 verlagert wird, wird der verlagerte Bereich des Hauptspeichers sämtlichen Eingabe-/Ausgabeprozessoren 10, die der bezeichneten virtuellen Maschine zugewiesen sind, mitgeteilt. Für jede virtuelle Maschine ist ein LIP-Steuerabschnitt 7 vorgesehen, der die Operationen des oder der Logikbefehl-Prozessoren (LIP) 1 der virtuellen Maschine steuert. Das bedeutet, daß der Abschnitt 7 die Operation des LIP 1 der bezeichneten virtuellen Maschine anhält und dann diese Maschine entsprechend einer Adresse, die durch einen SIE-Befehl (Startinterpretation-Ausführungsbefehl) spezifiziert wird, die Maschine neu speichert, d. h. wiederherstellt. Der LPAR-Steuerabschnitt 6 arbeitet aufgrund eines Verschiebungsbefehls. Wenn die Operation der bezeichneten virtuellen Maschine unterbrochen worden ist, wartet der Abschnitt 6 einen Zustand ab, in dem sämtliche E/A-Prozessoren (IOP) 10, die der bezeichneten virtuellen Maschine zugewiesen sind, außer Betrieb sind, um die Prüfanforderung zu erzeugen und an den Betriebsmittel-Verwaltungsabschnitt 8 auszugeben. Wenn der Verwaltungsabschnitt 8 feststellt, daß die bezeichnete virtuelle Maschine im Hauptspeicherbereich verlagert werden kann, verlagert danach der Abschnitt 6 diese bezeichnete virtuelle Maschine entsprechend der durch den Verschiebungsbefehl angegebenen Adresse.

Wenn der Verlagerungsbefehl eine Erweiterung eines Hauptspeicherbereichs betrifft, der einer anderen an die bezeichnete virtuelle Maschine angrenzenden virtuellen Maschine zugewiesen ist, erzeugt der Dienstprozessor 5 einen Erweiterungsbefehl, nachdem die bezeichnete Maschine wiederhergestellt worden ist, um aufgrund dieses Erweiterungsbefehls den der anderen virtuellen Maschine zugewiesenen Bereich zu erweitern. Wenn der Verlagerungsbefehl einen Austausch von Hauptspeicherbereichen betrifft, die zwei bezeichneten virtuellen Maschinen zugewiesen sind, steuert der Steuerabschnitt 6 die LIP-Steuerabschnitte 7, derart, daß er die zwei bezeichneten virtuellen Maschinen anhält, dann liest der Steuerabschnitt 6 den Inhalt aus, der in dem Hauptspeicherbereich gespeichert ist, der einem der zwei bezeichneten virtuellen Maschinen zugeordnet ist, um den ausgelesenen Inhalt in der anderen der zwei virtuellen Maschinen zu speichern, anschließend wiederholt der Steuerabschnitt 6 die Auslese- und Speicheroperationen für den der anderen virtuellen Maschine zugewiesenen Speicherbereich, schließlich stellt der Steuerabschnitt 6 diese virtuellen Maschinen wieder her.

Die Hardware-Betriebsmittel werden den logische virtuelle Maschinen darstellenden LPARs entweder exklusiv oder zeitlich verzahnt in einer LPAR-Betriebsart zugewiesen. D. h., daß im Hardwareaufbau ein Logikbefehl-Prozessor 1 einem LPAR zeitlich verzahnt zugeordnet wird, während die übrigen Hardwarekomponenten dem LPAR exklusiv zugeordnet werden.

Jeder einem LPAR zugewiesene Hauptspeicherbereich, d. h. ein LPAR-Bereich, kann durch die Verschie-

bungsverarbeitung dynamisch geändert werden, wie in Fig. 2 gezeigt ist. D. h., daß der Anfangspunkt, also die Kopfadresse eines jeden LPAR-Bereichs, im physikalischen Hauptspeicher beliebig geändert werden kann. Die Verschiebungsverarbeitung wird durch den Dienstprozessor (SVP) 5 ausgeführt, der einen LPAR-Rahmen aufweist, der eine Operationsschnittstelle darstellt. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, verbindet diese Schnittstelle den Dienstprozessor 5 mit jedem LPAR, mit dem LPAR-Steuerabschnitt 6, der die an jeden LPAR gerichteten Operationsbefehle und dergleichen steuert, mit dem LIP-Steuerabschnitt 7, der einen Gast, z. B. das Betriebssystem (OS), aufgrund eines Befehls vom Steuerabschnitt 6 steuert und eine Simulationsverarbeitung für einen eine Simulation erfordernden Befehl ausführt, und mit dem Betriebsmittel-Verwaltungsabschnitt 8, der die Information der physikalischen Betriebsmittel sämtlicher LPARs verwaltet.

Nun wird mit Bezug auf Fig. 2 ein Beispiel der Verschiebungsverarbeitung für den Fall beschrieben, in dem zwei LPARs, etwa LPAR1 und LPAR2, in Betrieb sind.

Zunächst wird vor der Initialisierung der Operation eines jeden LPAR der Hauptspeicher logisch unterteilt, um Bereiche für den LPAR1 bzw. den LPAR2 zu definieren. In Fig. 3A sind ein Hauptspeicherbereich-Anfangspunkt (HS-Bereich-Anfangspunkt) und eine HS-Größe für jeden der definierten Bereiche gezeigt. Eine HS-Lücke gibt die Größe des ungenutzten Bereichs zwischen dem LPAR1-Bereich und dem LPAR2-Bereich, die sich in einem höheren Adressenbereich im Hauptspeicher befindet, an. Da in diesem Beispiel zwischen den LPAR1- und LPAR2-Bereichen keine HS-Lücke vorhanden ist, wird die HS-Lücke des LPAR1 auf "0" gesetzt. Wenn zwei virtuelle Maschinen LPAR1 und LPAR2 in den beiden auf diese Weise definierten LPAR-Bereichen arbeiten, werden darüber hinaus im unterteilten Zustand des Hauptspeichers die Bereiche zwischen 0 MB und 128 MB und zwischen 129 MB und 384 MB dem LPAR1 bzw. dem LPAR2 zugewiesen, während der verbleibende Bereich mit 125 MB, der zwischen 385 MB und 509 MB liegt, nicht zugewiesen wird. Während der Operationen des LPAR1 bzw. des LPAR2 unter diesen Umständen kann die Hauptspeicherverschiebungsfunktion (HS-VERSCHIEBUNG) der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

Zunächst wird angenommen, daß für den LPAR2 der HS-Anfangspunkt bei 192 MB gesetzt werde, d. h., daß durch einen HS-VERSCHIEBUNGS-Befehl (der im folgenden mit MVSTOR-Befehl bezeichnet wird) der Hauptspeicherbereich-Anfangspunkt (HSA) durch den LPAR-Rahmen des SVP 5 auf HSA = 192 gesetzt wird. Aufgrund dieses Befehls wird die Steuerung vom SVP 5 an den LPAR-Steuerabschnitt 6 für den LPAR2 übertragen. Vom Steuerabschnitt 6 wird an den LIP-Steuerabschnitt 7 ein Befehl geschickt, um einen LIP des LPAR2 vorübergehend anzuhalten. Daraufhin setzt der LIP-Steuerabschnitt 7 den LIP, d. h. den Gast des LPAR2, also das Betriebssystem, in den angehaltenen Zustand (Schritt 201).

Es wird eine Warteoperation ausgeführt, durch die wenigstens 10 Sekunden gewartet wird, während denen sämtliche mit dem LPAR2 verbundenen E/A-Prozessoren außer Betrieb gehen (Schritt 202). Wenn der LIP angehalten worden ist, kann üblicherweise der E/A-Prozessor sofort außer Betrieb gehen; es wird jedoch bei Annahme eines speziellen Falls eine Zeitspanne von 10 Sekunden vorgesehen. Im Fall einer Warteoperation

wird eine Meldung ausgegeben, um irgendwelche E/A-Einrichtungen, die sich noch im Betriebszustand befinden, zu melden. Der Schritt 202 ist notwendig, um die folgende Möglichkeit zu vermeiden: Selbst wenn der LIP im Schritt 201 angehalten wird, befindet sich der E/A-Prozessor noch immer in Betrieb, so daß vom E/A-Prozessor aufgrund eines E/A-Befehls möglicherweise auf den Bereich vor der Verschiebung zugegriffen wird.

Vom Betriebsmittel-Verwaltungsabschnitt 6 wird eine Prüfung ausgeführt, um festzustellen, ob der durch den Befehl spezifizierte HSA (in diesem Fall 192 MB) geeignet ist, d. h. ob der LPAR2-Bereich bewegt werden kann (Schritt 203). Der Betriebsmittel-Verwaltungsabschnitt 8 besitzt HS-Abbildungen sämtlicher LPARs und bestimmt auf der Grundlage des spezifizierten HSA, ob ein Bereich, der beim HSA beginnt und die Größe des LPAR2 besitzt, von einem anderen LPAR genutzt wird. Im beschriebenen Beispiel wird der Bereich zwischen 192 MB (am HSA) und 384 MB vom LPAR 2 benutzt, während der Bereich ab 385 MB nicht zugewiesen ist, so daß der LPAR2-Bereich verschoben werden kann. Wenn festgestellt wird, daß der LPAR2-Bereich bewegt werden kann, schickt der Betriebsmittel-Verwaltungsabschnitt 8 an die E/A-Prozessoren einen SALE-Befehl (Befehl zum Setzen der erweiterten Adressengrenze), um den LPAR2-Bereich nach der Verschiebung zu melden.

Nun wird die eigentliche Speicherübertragungsverarbeitung gemäß den Schritten 204 bis 209 beschrieben. Zunächst werden eine Startadresse des Übertragungsausgangsbereichs, des LPAR2-Bereichs, und eine Startadresse des Übertragungszielbereichs festgesetzt (Schritt 204). In dieser Ausführungsform werden die Startadressen des Übertragungsausgangsbereichs und des Übertragungszielbereichs durch 384 MB bzw. 448 MB in einer Seiteneinheit dargestellt. D.h., daß die Übertragungsoperation bei den jeweiligen Startadressen begonnen wird, derart, daß die Adressen bei jeder Operation jeweils um eine Seite dekrementiert werden. Ein Schlüssel zum Schutz der Daten der einzelnen Seiten des Ausgangsbereichs wird ausgelesen (Schritt 205) und in einem Register im LPAR-Steuerabschnitt 6 gespeichert. Dann werden die Seitendaten beginnend bei der im Schritt 204 erhaltenen Adresse in den Übertragungszielbereich übertragen (Schritt 206), um den vorher erhaltenen Schlüssel im Übertragungszielbereich an einer vorgegebenen Adresse zu setzen (Schritt 207). Durch diese Operation ist die Datenübertragung für eine Seite abgeschlossen. Anschließend werden die Adresse des Übertragungsausgangsbereichs und die Adresse des Übertragungszielbereichs aktualisiert (Schritt 208). In dieser Ausführungsform wird der Seitenzählstand bei jeder Übertragung um den Wert "1" vermindert, um die Übertragungsoperation für den gesamten Bereich des dem LPAR2 zugewiesenen Hauptspeicherbereichs in Seiteneinheiten wiederholt auszuführen. Durch diese eben beschriebene Operation ist die HS-Übertragungsoperation beendet (Schritt 209).

Um schließlich den LIP wiederherzustellen, wird an den LIP-Steuerabschnitt 7 aufgrund eines SIE-Befehls ein Befehl ausgegeben. Daraufhin setzt der LIP-Steuerabschnitt 7 einen neuen HSA, der durch die Parameter des SIE-Befehls bereitgestellt wird, und stellt den LIP wieder her. D. h., daß der Gast des LPAR2 gestartet wird (Schritt 210). Darüber hinaus wird dem Rahmen des SVP 5 das Ergebnis des MVSTOR-Befehls gemeldet (Schritt 211). In dieser Ausführungsform wird der MVSTOR-Befehl normal beendet. Hierbei befindet sich

nach der Beendigung des MVSTOR-Befehls der dem LPAR1 bzw. der dem LPAR2 zugewiesene Hauptspeicherbereich in einem Zustand, wie er in Fig. 4A gezeigt ist. Da durch den MVSTOR-Befehl für den LPAR1 eine HS-Lücke erzeugt wird, kann der LPAR1-Bereich unter Verwendung eines herkömmlichen Befehls soweit erhöht werden, wie dies die HS-Lücke zuläßt. Außerdem sind die Bereichszuweisungszustände des LPAR1 und des LPAR2 von der Art, wie sie in Fig. 4B gezeigt sind; d. h., daß der LPAR2-Bereich ebenfalls in Richtung ansteigender Adressen des Hauptspeichers um 61 MB erweitert werden kann.

Wie oben erwähnt, kann der dem LPAR1 zugewiesene Hauptspeicherbereich erfindungsgemäß so erweitert werden, daß nahezu kein Einfluß auf den Betriebszustand des LPAR2 ausgeübt wird. Wie aus der obigen Beschreibung verständlich wird, ist es mit dem erfindungsgemäßen System von virtuellen Maschinen möglich, einen MVSTOR-Befehl zu schaffen, mit dem der Ausgangspunkt des LPAR-Bereichs im physikalischen Hauptspeicher eines Systems von virtuellen Maschinen mit einer LPAR-Betriebsart beliebig geändert werden kann. Dadurch wird folglich die herkömmliche Operation unnötig, durch die die in Betrieb befindliche virtuelle Maschine angehalten wird, um den Hauptspeicheranfangspunkt in einem weiteren Hauptspeicherbereich zu setzen und den LIP nach der Verlagerung des LPAR-Bereichs neu zu initialisieren. Dies hat zur Folge, daß die virtuelle Maschine ununterbrochen betrieben werden kann.

Das System von virtuellen Maschinen der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Informationsverarbeitungseinrichtung, einen Dienstprozessor, der für die Informationsverarbeitungseinrichtung eine Bedienerschnittstelle schafft, und eine Hardwarekonfiguration zur Steuerung der Mehrzahl der virtuellen Maschinen. Die Hardwarekonfiguration ist entweder exklusiv oder zeitlich verzahnt logisch unterteilt. Der Anfangspunkt eines Hauptspeicherbereichs einer jeden der Mehrzahl der virtuellen Maschinen wird geändert, um den zugewiesenen Hauptspeicherbereich zu verschieben.

Wenn darüber hinaus die mehreren virtuellen Maschinen den gesamten physikalischen Hauptspeicher verwenden, ist es möglich, die wenigstens zwei virtuellen Maschinen zugewiesenen Hauptspeicherbereiche dynamisch auszutauschen.

Wenn außerdem der Hauptspeicherbereich einer der Mehrzahl der virtuellen Maschinen erweitert werden soll, während die mehreren virtuellen Maschinen arbeiten, können die Hauptspeicherbereiche anderer virtueller Maschinen beliebig bewegt werden. Wenn daher die Adresse des einer bestimmten virtuellen Maschine zugewiesenen Hauptspeicherbereichs geliefert wird, führt der Dienstprozessor eine entsprechende Operation aus, um die Änderung des Anfangspunktes des Hauptspeicherbereichs an den Steuerabschnitt der speziellen virtuellen Maschine zu melden. Der Steuerabschnitt hält den LIP-Steuerabschnitt an. Dann wird die Eignung des bestimmten Hauptspeicherbereichsanfangspunktes durch den die physikalischen Betriebsmittel sämtlicher virtueller Maschinen verwaltenden Betriebsmittel-Verwaltungsabschnitt geprüft. Wenn bestätigt wird, daß der Bereich in den spezifizierten Bereich bewegt werden kann, bewegt der Steuerabschnitt für die virtuelle Maschine die Daten der Seiteneinheit. Dann wird durch den SALE-Befehl der Umfang des neuen Hauptspeicherbereichs der virtuellen Maschine an die mit der virtuellen Maschine gekoppelten E/A-Prozessoren gemeldet,

schließlich wird der Anfangspunkt des Hauptspeicherbereichs durch die Parameter des SIE-Befehls geändert, wodurch der LIP-Steuerabschnitt wiederhergestellt wird. Daher kann der Hauptspeicherbereich der spezifizierten virtuellen Maschine übertragen werden, wobei die mit dieser virtuellen Maschine arbeitende Bedienungsperson nahezu keine Auswirkungen feststellt.

Die obige Beschreibung ist anhand einer speziellen Ausführungsform gegeben worden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf diese Ausführungsform beschränkt und kann selbstverständlich auf zahlreiche Weisen abgewandelt und verändert werden, ohne vom Geist und vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren, das in einem mehrere virtuelle Maschinen (LPARs) umfassenden System von virtuellen Maschinen ausgeführt wird, wobei das Verfahren der Verlagerung einer durch einen Verlagerungsbefehl (MVSTOR) spezifizierten virtuellen Maschine (LPAR) in einem Hauptspeicherbereich (2) dient, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

temporäres Anhalten (201) einer virtuellen Maschine (LPAR);

Verlagern (206) der virtuellen Maschine (LPAR) im Hauptspeicherbereich (2) gemäß einer durch den Verlagerungsbefehl bezeichneten Adresse; und Wiederherstellen (210) der virtuellen Maschine (LPAR) auf der Grundlage des verlagerten Hauptspeicherbereichs (2).

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des temporären Anhaltens die folgenden Schritte umfaßt:

temporäres Anhalten (201) eines Logikbefehlprozessors (LIP) der virtuellen Maschine (LPAR); und Warten (202), bis sämtliche Eingabe-/Ausgabeprozessoren (10), die dem Logikbefehlprozessor (LIP) zugeordnet sind, außer Betrieb gesetzt worden sind.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlagerungsschritt die folgenden Schritte umfaßt:

Feststellen (203) anhand der bezeichneten Adresse, ob die virtuelle Maschine (LPAR) im Hauptspeicherbereich (2) verlagert werden kann; und Verlagern (206) der virtuellen Maschine (LPAR) entsprechend der durch den Verlagerungsbefehl (MVSTOR) bezeichneten Adresse, wenn festgestellt wird, daß die virtuelle Maschine (LPAR) verlagert werden kann.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlagerungsschritt den folgenden Schritt umfaßt:

Übertragen von Speicherinhalten des momentan der virtuellen Maschine (LPAR) zugewiesenen Hauptspeicherbereichs (2) in einen neuen Hauptspeicherbereich (2), der auf der Grundlage der bezeichneten Adresse in den Seiteneinheiten bestimmt ist.

5. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wiederherstellungsschritt die folgenden Schritte umfaßt:

Erzeugen eines Wiederherstellungsbefehls für die virtuelle Maschine (LPAR);

Melden des verlagerten Hauptspeicherbereichs (2)

an sämtliche der virtuellen Maschine (LPAR) zugewiesene Eingabe-/Ausgabeprozessoren (10) aufgrund des Befehls; und

Wiederherstellen (210) der virtuellen Maschine (LPAR) auf der Grundlage der bezeichneten Adresse.

6. Verfahren gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet durch den folgenden Schritt, falls der Erweiterungsbefehl die Erweiterung eines Hauptspeicherbereichs (2) betrifft, der einer der virtuellen Maschine (LPAR) benachbarten weiteren virtuellen Maschine (LPAR) zugewiesen ist:

Erweitern des der weiteren virtuellen Maschine (LPAR) zugewiesenen Hauptspeicherbereichs (2) nach dem Wiederherstellungsschritt (210).

7. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

der Verlagerungsbefehl den Austausch von Hauptspeicherbereichen betrifft, die zwei entsprechenden, vom Verlagerungsbefehl bezeichneten virtuellen Maschinen (LPAR) zugewiesen sind;

der Schritt des temporären Anhaltens den Schritt des temporären Anhaltens (201) beider virtueller Maschinen (LPAR) umfaßt;

der Verlagerungsschritt die folgenden Schritte umfaßt:

- Auslesen der Inhalte der entsprechenden Bereiche des Hauptspeichers (2), die den beiden virtuellen Maschinen (LPAR) jeweils zugewiesen sind;

- Speichern der Inhalte, die aus dem einer der beiden virtuellen Maschinen (LPAR) zugewiesenen Hauptspeicherbereich ausgelesen worden sind, in dem der anderen virtuellen Maschine (LPAR) zugewiesenen Hauptspeicherbereich; und

- Wiederholen des Ausleseschrittes und des Speicherschrittes für sämtliche den beiden virtuellen Maschinen (LPAR) zugewiesene Hauptspeicherbereiche (2); und

der Wiederherstellungsschritt (210) den folgenden Schritt umfaßt: Wiederherstellen der beiden virtuellen Maschinen (LPAR).

8. System von virtuellen Maschinen, mit mehreren virtuellen Maschinen (LPARs), die jeweils einem Hauptspeicherbereich (2) zugewiesen sind, wobei jede virtuelle Maschine (LPAR) einen Logikbefehlprozessor (1) umfaßt, gekennzeichnet durch einen Dienstprozessor (5) zur Erzeugung eines Verschiebungsbefehls aufgrund eines Verlagerungsbefehls;

eine Betriebsmittel-Verwaltungseinrichtung (8) zur Verwaltung der Zuweisungen der Betriebsmittel an die virtuellen Maschinen (LPAR) und zur Steuerung der Betriebsmittel;

LIP-Steuer Einrichtungen (7), die für jede der virtuellen Maschinen (LPAR) vorgesehen sind, um die Operationen der Logikbefehlprozessoren (1) einer jeden der virtuellen Maschinen (LPAR) zu steuern; und

eine Einrichtung (6) zum Steuern von virtuellen Maschinen, die auf den Verschiebungsbefehl anspricht, um eine durch den Verlagerungsbefehl bezeichnete virtuelle Maschine (LPAR) entsprechend einer im Verschiebungsbefehl bezeichneten Adresse im Hauptspeicherbereich (2) zu verlagern, wenn die Operation der bezeichneten virtuellen Maschine (LPAR) temporär angehalten worden ist, und

zum Steuern der der bezeichneten virtuellen Maschine (LPA) entsprechenden LIP-Steuer-
einrichtung (7), um die bezeichnete virtuelle Maschine (LPA) auf der Grundlage der bezeichneten
Adresse wiederherzustellen.

9. System von virtuellen Maschinen gemäß An-
spruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrich-
tung (6) zur Steuerung von virtuellen Maschinen
eine Einrichtung zum Steuern der entsprechenden
LIP-Steuer-
einrichtung (7) umfaßt, um den Logikbe-
fehlprozessor (1) der bezeichneten virtuellen Ma-
schine (LPA) temporär anzuhalten und zu warten,
bis sämtliche Eingabe-/Ausgabeprozessoren (10),
die der bezeichneten virtuellen Maschine (LPA)
zugeordnet sind, außer Betrieb gesetzt worden
sind.

10. System gemäß Anspruch 8, dadurch gekenn-
zeichnet, daß

die Betriebsmittel-Verwaltungseinrichtung (8) eine
Einrichtung umfaßt, die auf eine in sie eingegebene
Prüfanforderung anspricht, um festzustellen, ob die
bezeichnete virtuelle Maschine (LPA) im Haupt-
speicherbereich (2) entsprechend den bezeichneten
Adressen verlagert werden kann; und

die Einrichtung (6) zum Steuern von virtuellen Ma-
schinen eine Einrichtung umfaßt, um die Prüfanfor-
derung zu erzeugen und an die Betriebsmittel-Ver-
waltungseinrichtung (8) auszugeben, wenn die Ope-
ration der bezeichneten virtuellen Maschine
(LPA) temporär angehalten worden ist, und um
die bezeichnete virtuelle Maschine (LPA) ent-
sprechend der bezeichneten Adresse zu verlagern,
wenn von der Betriebsmittel-Verwaltungseinrich-
tung (8) festgestellt worden ist, daß die bezeichnete
virtuelle Maschine (LPA) verlagert werden kann.

11. System gemäß Anspruch 8, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Betriebsmittel-Verwaltungsein-
richtung (8) eine Einrichtung umfaßt, um nach der
Verlagerung der bezeichneten virtuellen Maschine
(LPA) durch die Einrichtung (6) zum Steuern von
virtuellen Maschinen an sämtliche Eingabe-/Aus-
gabeprozessoren (10), die der bezeichneten virtuel-
len Maschine (LPA) zugeordnet sind, das Verla-
gerungsziel zu melden.

12. System gemäß Anspruch 8, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Einrichtung (6) zum Steuern von
virtuellen Maschinen eine Einrichtung umfaßt, um
die Inhalte des der bezeichneten virtuellen Maschi-
ne (LPA) momentan zugewiesenen Hauptspei-
cherbereichs (2) an einen neuen Hauptspeicherbe-
reich (2), der das Verlagerungsziel darstellt, in Ein-
heiten von Seiten zu übertragen.

13. System gemäß Anspruch 8, dadurch gekenn-
zeichnet, daß

der Dienstprozessor (5) eine Einrichtung umfaßt,
die in dem Fall, in dem der Verlagerungsbefehl eine
Erweiterung eines Hauptspeicherbereichs (2) be-
trifft, der einer der bezeichneten virtuellen Maschi-
ne (LPA) benachbarten virtuellen Maschine
(LPA) zugewiesen ist, nach der Wiederherstel-
lung der bezeichneten virtuellen Maschine einen
Erweiterungsbefehl erzeugt; und

das System von virtuellen Maschinen eine Einrich-
tung umfaßt, um aufgrund des Erweiterungsbefehls
den der anderen virtuellen Maschine (LPA) zuge-
wiesenen Hauptspeicherbereich (2) zu erweitern.

14. System gemäß Anspruch 8, dadurch gekenn-
zeichnet, daß

der Verlagerungsbefehl einen Austausch von
Hauptspeicherbereichen (2) betrifft, die jeweils ei-
ner von zwei bezeichneten virtuellen Maschinen
(LPA) zugewiesen sind;

die Einrichtung (6) zum Steuern von virtuellen Ma-
schinen eine Einrichtung umfaßt, um die den beiden
virtuellen Maschinen (LPA) zugeordneten LIP-
Steuer-
einrichtungen (7) so zu steuern, daß sie jede
der beiden virtuellen Maschinen (LPA) anhalten,
um die Inhalte, die in jeweiligen den beiden virtuel-
len Maschinen (LPA) zugewiesenen Hauptspei-
cherbereichen (2) gespeichert sind, auszulesen, um
den ausgelesenen Inhalt einer der beiden virtuellen
Maschinen (LPA) in dem der anderen virtuellen
Maschine (LPA) zugewiesenen Hauptspeicherbe-
reich (2) zu speichern, um die Auslesoperation und
die Speicheroperation für sämtliche den beiden vir-
tuellen Maschinen (LPA) zugewiesene Haupt-
speicherbereiche (2) zu wiederholen und um die
beiden virtuellen Maschinen (LPA) wiederherzu-
stellen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1A

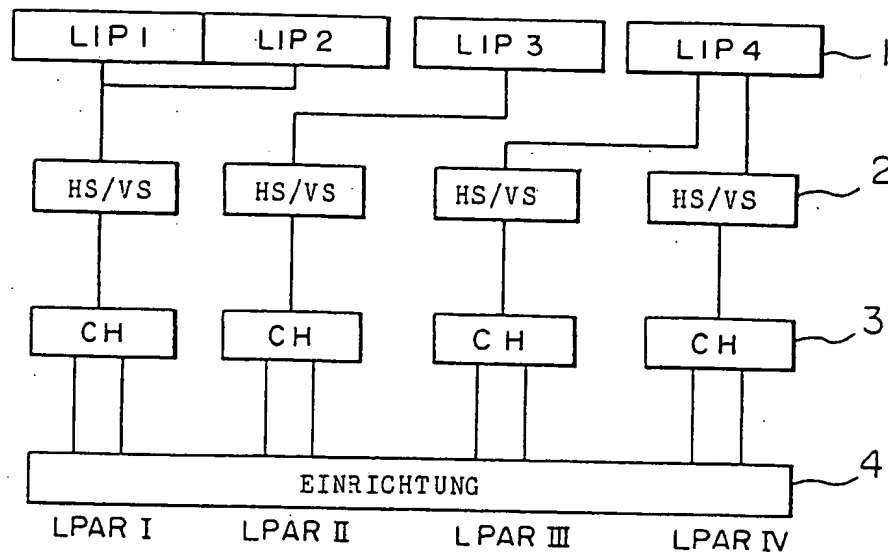
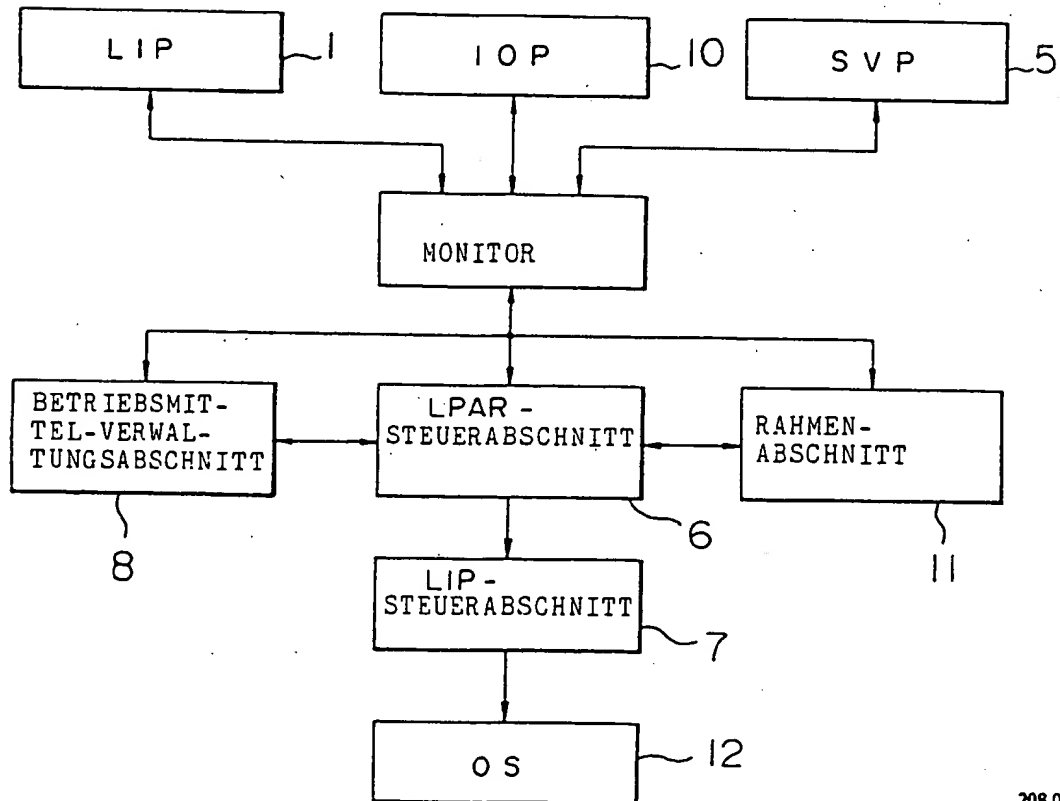


FIG. 1B



— Leerseite —

FIG. 2

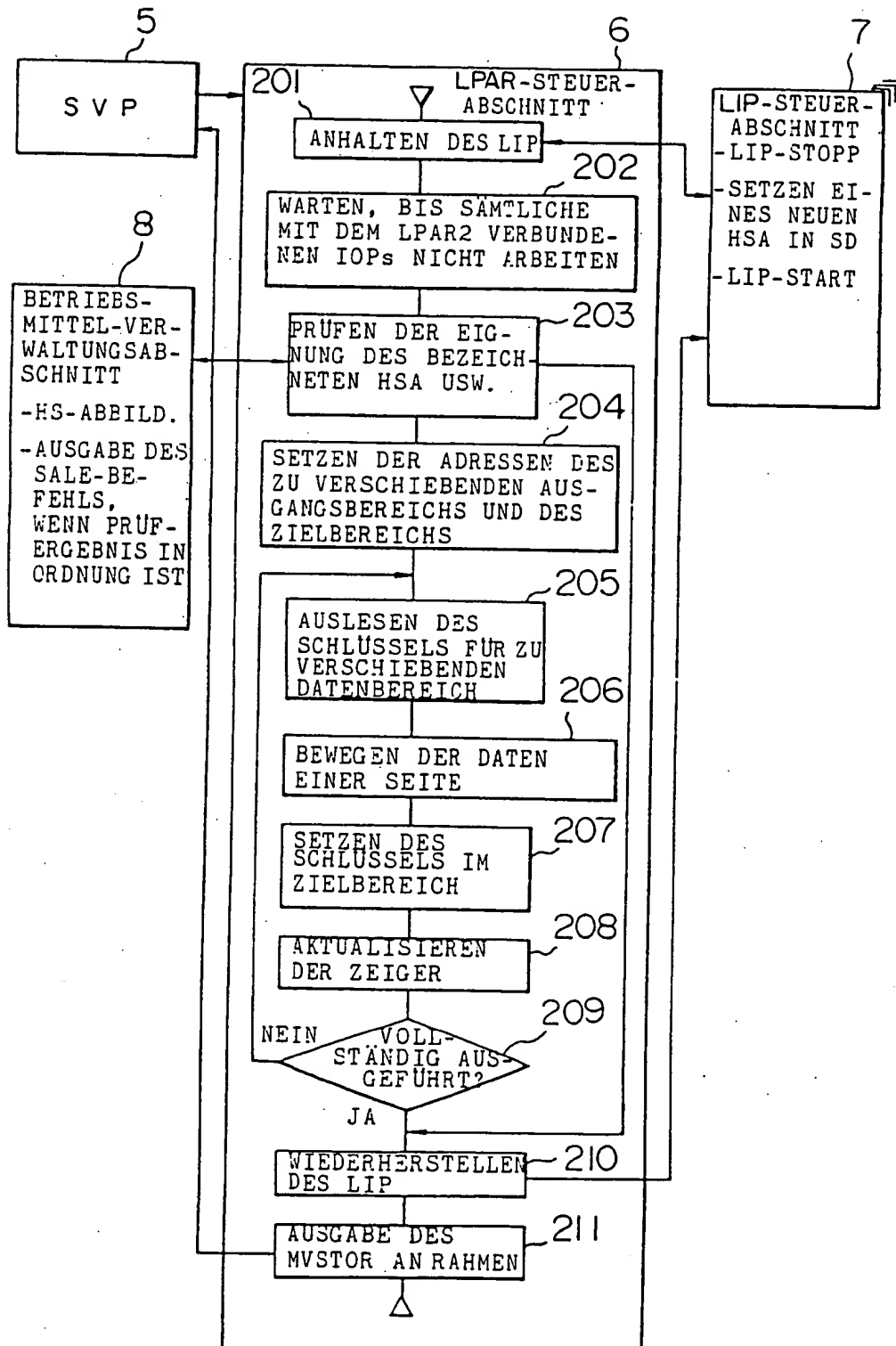


FIG. 3A

MByte (MB)

LPAR-NAME	HS-BEREICH-ANFANGSPUNKT	GRÖSSE DES HS-BEREICHS	
LPAR 1	0	128	0
LPAR 2	128	256	125

VERFÜGBARER PHYSIKALISCHER HAUPTSPEICHERBEREICH: 509 MB

FIG. 3B

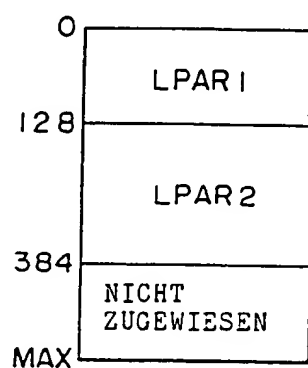


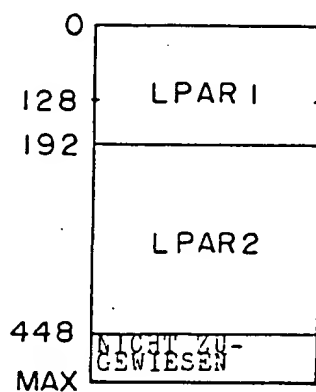
FIG. 4A

MByte (MB)

LPAR - NAME	HS-BEREICH-ANFANGSPUNKT	GRÖSSE DES HS-BEREICHS	
LPAR 1	0	128	64
LPAR 2	192	256	61

VERFÜGBARER PHYSIKALISCHER HAUPTSPEICHERBEREICH: 509 MB

FIG. 4B



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☒ OTHER:

Small font

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.